

doi: 10.11720/wtyht.2016.4.09

张叶鹏,王红,黄朝宇,等.物探方法在深边部找矿中的有效性探讨——以浏阳市七宝山铜锌矿区为例[J].物探与化探,2016,40(4):695–700.  
http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.4.09

Zhang Y P, Wang H, Huang C Y, et al. A tentative discussion on the effectiveness of geophysical prospecting methods for the deep periphery: A case study of the Qibaoshan copper-zinc deposit in Liuyang City, Hunan Province [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2016, 40(4): 695–700. http://doi.org/10.11720/wtyht.2016.4.09

## 物探方法在深边部找矿中的有效性探讨 ——以浏阳市七宝山铜锌矿区为例

张叶鹏,王红,黄朝宇,肖新星,杜成额,刘灿娟  
(湖南省有色地质勘查局二四七队,湖南长沙 410129)

**摘 要:** 在湖南七宝山铜多金属矿开展了物探工作。从方法的有效性及解决问题的需要着手,介绍了选择磁法、充电法、瞬变电磁法开展综合物探方法试验的原因,重点分析了不同方法采集的地球物理信息在地质认知上的特点、与成矿空间及矿体的联系,以及在找矿指示上的有效性;提出了以深边部为空间,以热液活动规律、构造带、接触带为目标,以面上展开、多空间重点突破为原则开展综合物探工作的思路。

**关键词:** 七宝山铜多金属矿; 综合地球物理; 有效性试验; 找矿预测

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000–8918(2016)04–0695–06

浏阳七宝山铜多金属矿是湖南境内的古矿之一,宋代即有采矿记录。现已探明 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、S、Fe 等多种矿产,属大型多金属矿。随着矿山的持续开采,保有储量也持续减少,不利于矿山的发展规划。已有找矿工作基本集中在采矿权范围内,埋深 200 m 以浅,深边部找矿工作手段不多,效果不明显,地质上,矿床成因模式仍存争议,成矿规律需进一步探索。这些问题为矿山下一步地质找矿的开展提出了新的要求,物探方法就成为了深边部找矿的一个重要选项。为了提高方法的有效性,决定先在已知矿点开展试验性地面高精度磁法<sup>[1–4]</sup>、充电法<sup>[5]</sup>、瞬变电磁法<sup>[6–8]</sup>等综合物探工作。

### 1 矿区地质及物性特征

一级大地构造单元上属扬子地台和华南褶皱系的过渡部位,试验区位于浏阳—醴陵 S 型构造的东北部—近东西向展布的浏阳向斜中。总体构造为倒转向斜(图 1),西部开阔,东部狭窄,轴向近似东西,倾向南,北翼倾角  $30^{\circ} \pm$ ,南翼倾角  $60^{\circ} \pm$ 。向斜轴部由中上石炭统壶天群( $C_{2+3}ht$ )灰岩、白云质灰岩组成,两翼分别由震旦系莲沱组( $Z_1l$ )变质砂岩夹板

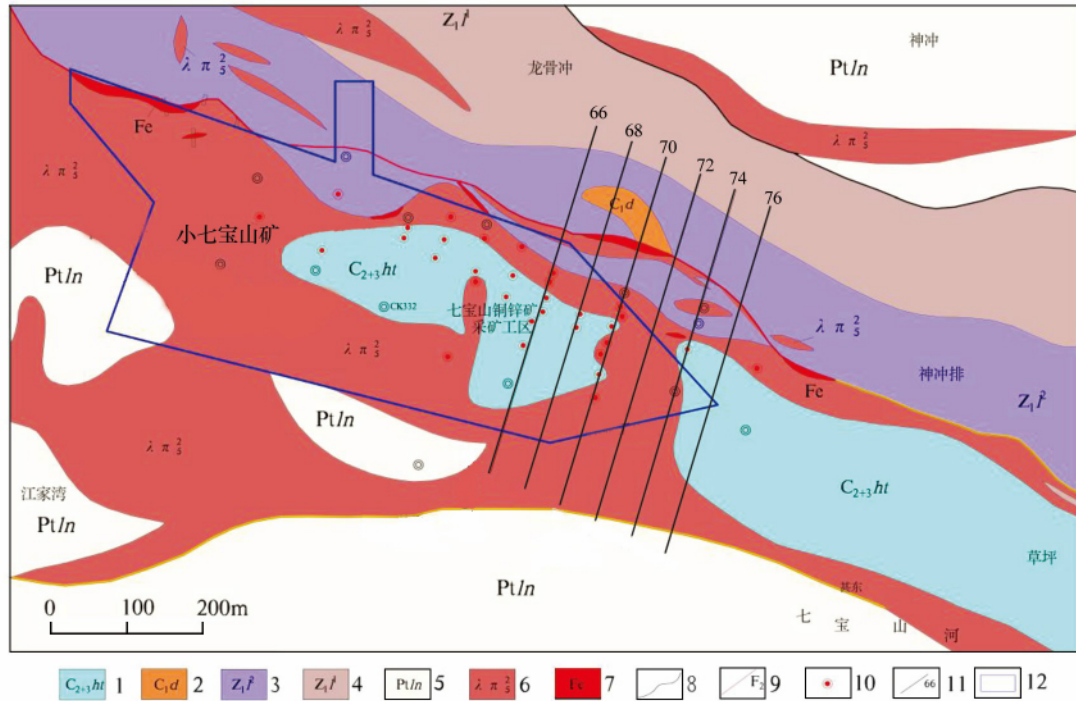
岩及冷家溪群( $Ptln$ )板岩、千枚状板岩组成。区内主要断裂构造为南部横山—古港逆断层的东段部分(F1),北部横山—庙冲断裂(F2),两断层分别呈近东西与北西西走向,于矿区东侧 1.5 km 处交汇,形成夹角约  $25^{\circ}$  的“入”字形构造形迹。

矿区岩浆活动较为强烈,发育有多个印支—燕山期的中酸性浅成侵入岩体,其中以矿区中心的七宝山石英斑岩体规模最大,向深部逐渐过渡为花岗斑岩,是本区的成矿母岩<sup>[9]</sup>。

矿床围岩蚀变复杂,包含黄铁矿化、硅化、绢云母化、矽卡岩化、碳酸盐化及铁锰碳酸盐化、高岭土化,其中,黄铁矿化、硅化和绢云母化是矿区内最常见的热液蚀变类型<sup>[10]</sup>。主要矿石为含金银铜铅锌的黄铁矿多金属矿体,矿石类型主要为铜(硫)矿体和锌矿体,矿体成因类型可分为热液充填型、接触交代矽卡岩型和风化残余型<sup>[11]</sup>。

表 1 为收集的以往矿区工作的物性资料。其地球物理特征为:①岩体具有一定磁性,围岩无磁性,矿石具有逆磁性特征;②岩体及其围岩具有高电阻率特征,矿石具有良导性或中等导电性;③围岩具有低极化率特征,矿体具有高极化率特征。岩矿石密

收稿日期: 2015–10–29



1—石炭系中、上统壶天群;2—石炭系下统大塘阶;3—震旦系下统莲沱组板岩段;4—震旦系下统莲沱组石英砂岩段;5—冷家溪群;6—燕山早期石英斑岩;7—铁帽;8—地质界线;9—断层及编号;10—见矿钻孔及编号;11—物探试验工作测线;12: 采矿权范围

图 1 矿区地质及物探试验工作布置

表 1 矿区岩矿石物性参数统计

岩矿石名称	密度 $\text{g}/\text{cm}^3$	磁化率 $4 \times 10^{-6} \text{SI}$	电阻率 $\Omega \cdot \text{m}$	极化率 %
花岗斑岩	2.6	2500	$4.5 \times 10^2$ (湿) $\sim 1.3 \times 10^6$ (干)	0.35 ~ 5.2
石英斑岩				
板岩	3	500	$6 \times 10^2$ (湿) $\sim 4 \times 10^7$ (干)	0.12 ~ 4.9
灰岩	2.71	100	$2 \times 10^3$ (湿) $\sim 10^5$ (干)	0.28 ~ 5.1
硫化铜		-0.8	良导电性矿物	10.4 ~ 58
锌矿石		-4.8	中等导电性矿物	9.8 ~ 56

度资料收集不完整,无法对比岩体、围岩与矿体的密度差异,但根据以往常规测量结果认为岩体相对围岩具有低密度特征,矿石密度为最高。

综上所述,矿体与围岩物性差异明显,具备开展电、磁法的物性前提。结合本区矿床类型、围岩蚀变及深边部找矿的要求,选择地面高精度磁法,充电法,瞬变电磁法为本次试验方法。

2 试验成果分析

2.1 地面高精度磁法

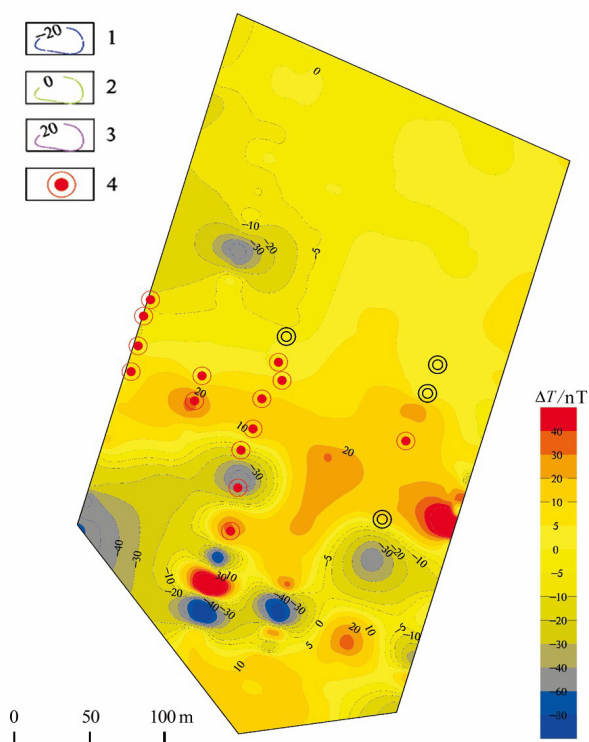
试验区采用  $50 \text{ m} \times 10 \text{ m}$  的网度进行地面高精度磁法测量(图 1),获得地磁场总场强度  $T$ ,经过各项改正得到测点磁异常  $\Delta T$ (图 2)。等值线分布特征显示  $\Delta T$  异常总体呈“两高夹一低”形态展布,强度在  $-99 \sim 46 \text{ nT}$  范围内,属于弱场强区。化磁极(图 3)后,磁异常展布规律性更加明显,局部异常多

表现正负伴生,异常强度增加,根据异常组合特征,分布位置,划分 5 处异常,编号为 M1、M2、M3、M4、M5。

M1 异常群位于试验区南部,由多个局部异常及沿线带状异常组成,正异常强度达  $50 \text{ nT}$ ,范围较大,高频特征明显,对应居民区,存在房屋、公路、供电线干扰,解释为干扰异常。

M2 异常位于试验区中部,分布范围小,异常强度为  $35 \text{ nT}$ ,高频特征明显,表明异常源埋深浅,对应壶天群( $C_{2+3}ht$ )地层与石英斑岩的接触部位,钻孔揭示该部位存在铁矿化。

M3 异常位于试验区东部,分布范围小,正负伴生明显,往东未封闭,揭示异常强度为  $35 \text{ nT}$ ,高频特征明显,表明异常源埋深浅,异常查证发现异常部位为矿石堆积区,该异常与矿石中铁磁性矿物有关,间接反映了矿体中局部存在磁性矿物。



1—负等值线; 2—零值线; 3—正等值线; 4—见矿钻孔

图2 七宝山矿区  $\Delta T$  异常平面等值线

M4 异常位于试验区中北部, 分布范围小, 正负伴生明显, 异常强度为 31 nT, 高频特征明显, 表明异常源埋深浅, 对应地表圈定的铁帽。

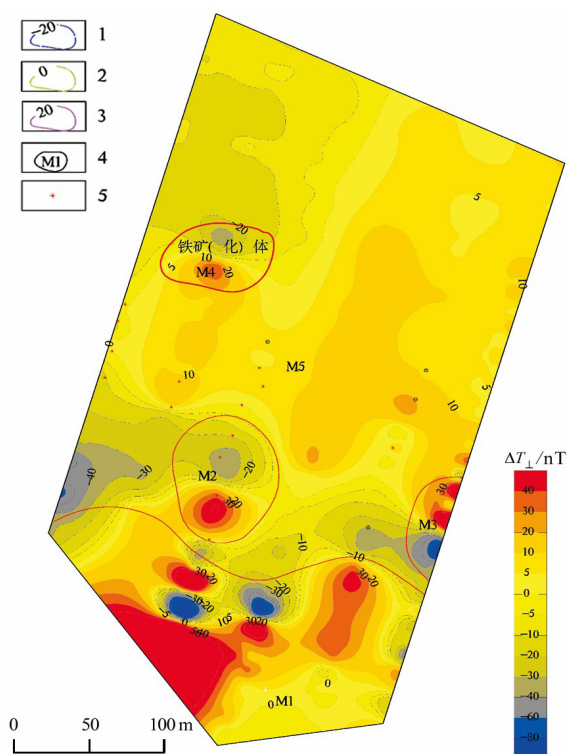
M5 异常位于试验区中部, 分布范围较大, 异常强度 15 nT, 对应于石炭系中、上统壶天群, 震旦系下统莲沱组板岩段, 燕山早期石英斑岩接触带部位, 推断异常成因与岩浆热液活动有关。

## 2.2 充电法

供电点 A 极置于 68 线采掘巷道底板的矿体上, 标高为 +40 m (埋深 96 m; 采掘巷道之上 66、68、70 线矿体已经采完), B、N 极置于地表无穷远处, 观测时只移动 M 极, 采用 50 m × 20 m 的网度进行地面电阻率测量, 获得参数为自然电位、一次电位、视极化率。

一次电位等值线(图 4)显示电位异常整体呈椭圆状展布, 长轴走向与已知矿体相一致, 往西侧未封闭, 强度一般为 370 ~ 400 mV, 在宽缓异常区内叠加有局部强异常, 规模较小, 强度达 595 mV。

电位异常为于 68、70、72 线 20 ~ 36 点段, 呈面状展布, 长约 160 m, 宽约 110 m, 异常强度达 596 mV, 往西未封闭。异常位置与钻孔控制矿体位置对应完好, 根据异常揭露情况分析, 70 线异常规模强度最优, 66 线次之, 表明 70 线的矿体规模大于 66 线和 68 线的矿体规模, 这与实际情况相吻合。



1—负等值线; 2—零值线; 3—正等值线; 4—异常编号; 5—见矿钻孔

图3 七宝山矿区  $\Delta T$  异常化极平面等值线及异常范围

图 5 为该视极化率等值线平面。据统计, 视极化率值一般在 0.5% ~ 82% 范围内, 平均值为 12.5%, 根据异常组合特征, 圈定 5 个局部异常, 编号为 JD1 ~ JD5。

JD1 异常位于测区南部, 呈串珠状北东东向展布, 长 148 m, 宽 30 m, 视极化率强度达 37%, 地质上对应石英斑岩体, 推断与次级断裂活动有关。

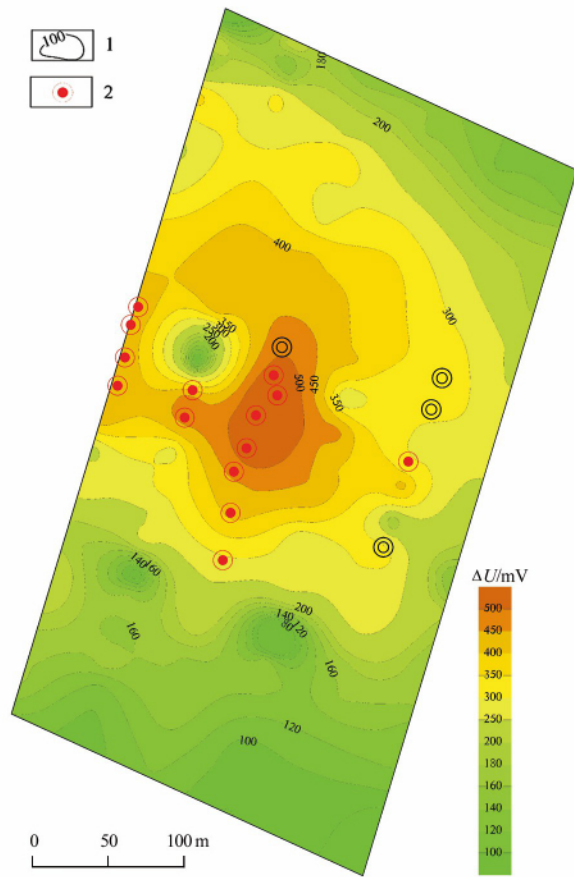
JD2 异常位于测区中南部, 异常规模小, 长度 90 m, 宽度 42 m, 强度达 192%, 地质对应石英斑岩体, 地表对应居民区, 属于干扰异常;

JD3 异常位于测区东部, 异常规模小, 视极化率强度达 81%, 对应地层为中上石炭统壶天群 ( $C_{2+3}ht$ ) 地表见民采硐口堆积的矿渣, 其中含有大量的褐铁矿化, 推断其为异常成因。

JD4 异常位于测区西部, 异常规模大, 长度 208 m, 宽 130 m, 呈宽带状展布, 局部强度达 79%, 地质对应中上石炭统壶天群 ( $C_{2+3}ht$ ) 地层及石英斑岩体, 与已知见矿钻孔位置吻合较好, 为矿致异常。

JD5 异常位于测区北部, 异常规模大, 总长 250 m, 宽约 60 m, 呈串珠状北东东向展布, 异常强度达 90%, 往西、往东均为封闭, 地质对应震旦系下统莲沱组板岩段与震旦系下统莲沱组石英砂岩段接触带, 属于地层接触带异常, 在两岩性段接触部位存在





1—一次电位等值线; 2—见矿钻孔

图 4 七宝山矿区一次电位异常平面等值线

金属硫化物的富集或矿化蚀变。

### 2.3 瞬变电磁法(TEM)

仪器为 GDP32, 装置为大定源回线, 发射框边长为  $600\text{ m} \times 600\text{ m}$ , 接收探头为 TEM/3, 观测磁场垂直分量, 共观测 68、70、72、74、76 线, 通过分析所有断面成果, 得出以下结论:

1) 矿体位于 TEM 所反映的低、高阻体接触带, 而且该接触带在已施工的 TEM 剖面上沿走向延续, 反映出 TEM 在揭露控矿构造上是有效的。

2) 目前钻孔控制矿体的深部标高  $-900\text{ m}$  (埋深  $945\text{ m}$ ), 中心仍然具有低阻区, 高、低接触带明显, 指示在深部存在成矿的空间(图 6)。

## 3 综合分析研究

地面高精度磁法指示:

局部异常指示着浅表铁磁性矿物的富集, 多与地表铁帽有关; 宽缓的地层接触带异常指示了岩浆热液活动与地层交代蚀变过程中存在铁磁性矿物的富集, 硫化铜、铅锌矿体本身具有逆磁性, 但是在本矿床特征中 Fe 以类质同象方式置换 Zn, 而使得本区矿床中绝大部分闪锌矿均含有较高的 Fe 质成为

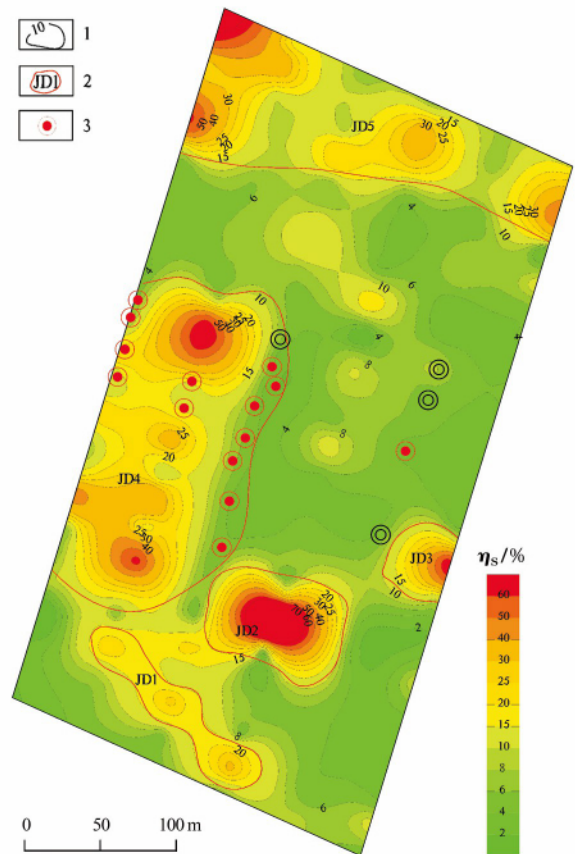
1— $\eta_s$  等值线; 2—异常范围及编号; 3—见矿钻孔

图 5 七宝山矿区视极化率异常平面等值线

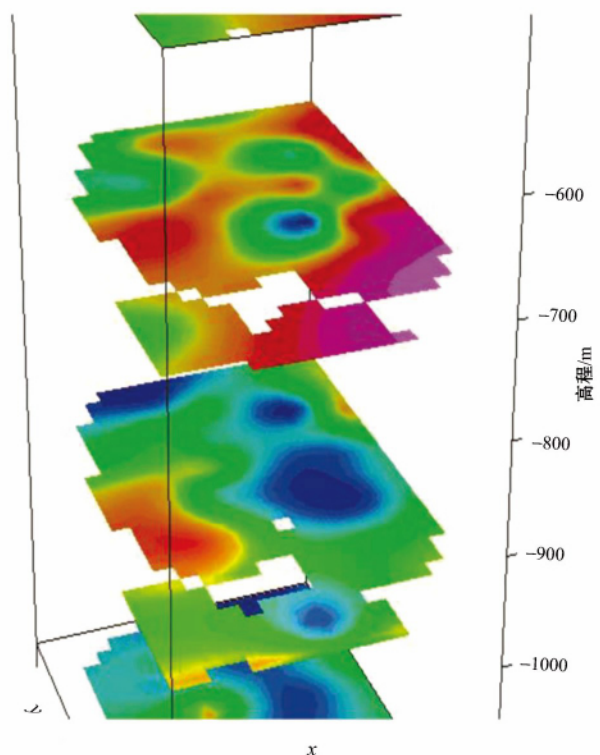


图 6 七宝山矿区瞬变电磁法水平切片示意

铁闪锌矿<sup>[12]</sup>,因此具备地面高精度磁法勘探的地球物理前提。

充电法指示:

1) 矿(化)体异常具有高电位、高视极化率。

2) 供电点周围的高电位、高视极化率,表明在供电点巷道以下(供电点标高以上矿体已经基本采空)深部存在矿(化)体,与已知矿体对应,其中推断 70 线深部矿致异常规模强度为最优;异常往西未封闭,表明往西深部亦具有找矿前景;总之认为该区具有深部找矿的潜力。

3) 震旦系下统莲沱组板岩段与震旦系下统莲沱组石英砂岩段接触带部位具串珠状高视极化率特征,表明此接触带为寻找多金属矿的有利部位。

4) 试验区视极化率普遍偏高,表明区内具有较高的金属硫化物背景,地质资料显示,区内富含黄铁矿,是金的主要载体矿物,所以认为试验区除找铜铅锌矿以外,还具有找金矿的潜力。

瞬变电磁法指示了在深部标高 -700 ~ -1 000 m(深度 745 ~ 1045 m)存在成矿空间,往南部低阻异常存在外延趋势,指示矿体在倾向上存在下延趋势(图 7)。

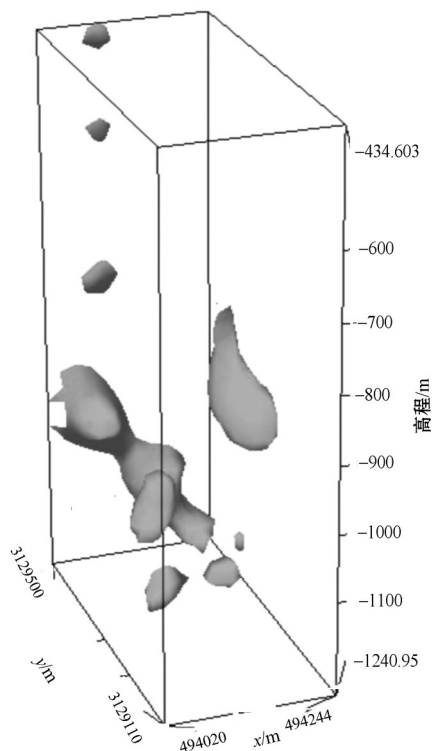


图 7 试验区深部找矿预测区

## 4 结论

本次试验结果表明:地面高精度磁法、充电法、瞬变电磁法 3 种方法相互配合,显示矿(化)体具有低阻高极化、中等磁异常综合异常特征;磁异常显示了热活动的行迹,为后期在本区找隐伏岩体打下了良好的物性基础;充电法高电位高极化异常范围与矿(化)体位置对应良好;瞬变电磁法显示了矿体位置与低、高阻过渡带的对应关系,揭示了构造往深部延伸的稳定性,从空间上对试验区深部进行了找矿预测。综合显示矿区深部往南、往东具有找矿前景,地表往东南亦具有找矿前景。

尝试在矿区外围北东部震旦系下统莲沱组板岩段与震旦系下统莲沱组石英砂岩段接触带部位寻找多金属矿,在矿区外围东南浅表部采用激发极化法及土壤地球化学寻找淋滤型金矿。

根据本次试验成果,结合区内成矿规律,确定今后物探方法在七宝山地区开展深边部找矿应用思路:首先,采取大范围地面高精度磁测扫面,以查明区内及外围岩浆热液活动的行迹及岩体的空间分布形态;然后,针对第二空间找矿,查明矿区深部是否存在岩浆热液活动,并在此前提下探索构造及接触带深部含矿性,圈定深部找矿有利部位;最后,利用瞬变电磁法对其埋深进行定位并进行深孔验证。在见矿钻孔中利用直流充电法进一步探索矿体平面展布形态及寻找新的盲矿体。

致谢:感谢湖南省有色二四七队晏月平博士、中南大学地球科学与信息物理学院严家斌老师对本文的悉心指导。

## 参考文献:

- [1] 彭朝晖,张奇,肖金平.综合地球物理方法在冀东铁矿采空区勘查中的应用[J].物探与化探,2007,31(4):354-358.
- [2] 时永志,李凯成.综合物化探方法在地质找矿“攻深找盲”中的应用[J].物探与化探,2014,38(5):910-915.
- [3] 陆桂福,米宏泽,刘瑞德,等.综合物探在斑岩型银钼多金属矿勘查中的应用[J].物探与化探,2014,38(4):835-839.
- [4] 吴文贤,王传雷,喻忠鸿.地球物理方法在盘龙城(府河工区)考古调查中的应用[J].物探与化探,2007,31(s):32-34.
- [5] Dz/T0186—1997.直流充电法技术规程[S].北京:地质出版社,1997.
- [6] 张小路,王钟,罗润林,等.大功率 TEM 法在锡铁山矿区深边部找矿中的应用效果[J].桂林理工大学学报,2010,30(2):179-187.
- [7] 闫述,石显新,陈明生.瞬变电磁法的探测深度问题[J].地球物理学报,2009,52(6):1583-1591.

- [8] 包乃利,刘鸿福,余传涛. 大定源瞬变电磁法激励场及边框效应研究[J]. 煤田地质与勘探, 2014, 42(2): 80-84.
- [9] 胡祥昭,肖宪国,杨中宝. 七宝山花岗斑岩的地质地球化学特征[J]. 中南工业大学学报, 2002, 23(6): 551-554.
- [10] 胡祥昭,彭恩生,孙振家. 湘东北七宝山铜多金属矿床地质特征及成因探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 365-370.
- [11] 杨中宝,彭省临,胡祥昭,等. 浏阳七宝山铜多金属矿床流体包裹体特征及成矿意义[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 11-15.
- [12] 杨中宝. 湖南浏阳七宝山铜多金属矿床的地质特征及成因研究[D]. 长沙: 中南大学, 2004.

## A tentative discussion on the effectiveness of geophysical prospecting methods for the deep periphery: A case study of the Qibaoshan copper-zinc deposit in Liuyang City, Hunan Province

ZHANG Ye-Peng, WANG Hong, HUANG Chao-Yu, XIAO Xin-Xing, DU Cheng-E, LIU Can-Juan  
(No. 247 Geological Party, Hunan Provincial Nonferrous Geological Exploration Bureau, Changsha 410129, China)

**Abstract:** The importance of carrying out geophysical prospecting work in the old mines is discussed in this paper. From the effectiveness and the capability for problem-solving, the reasons for carrying out magnetic method, charge method, transient electromagnetic method of integrated geophysical methods test were analyzed in this paper. The characteristics of the collection of the geophysical information in the cognition of geology by using different methods, the relationship between mineralization space and orebody, and the validity of prospecting were discussed in detail. The using of the principle of integrated geophysical work was proposed, in which the deep edge serves as the space, and the hydrothermal activity patterns, tectonic zone and contact zone serve as the object, thus expanding the surface and making key breakthrough.

**Key words:** Qibaoshan; comprehensive geophysical exploration; efficacy trials; prospecting forecast

作者简介: 张叶鹏(1984-)男,地球物理勘探工程师,2008年毕业于湖南科技大学,长期从事地球物理找矿工作。E-mail: 371293317@qq.com